

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平4-134224

⑤ Int. Cl.⁵
G 01 J 1/44

識別記号 庁内整理番号
F 8117-2G

⑬ 公開 平成4年(1992)5月8日

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全6頁)

⑭ 発明の名称 光検出装置

⑯ 特 願 平2-258283

⑰ 出 願 平2(1990)9月27日

⑱ 発 明 者 寺 田 由 孝 静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホトニクス株式会社内

⑲ 出 願 人 浜松ホトニクス株式会社 静岡県浜松市市野町1126番地の1

⑳ 代 理 人 弁理士 長谷川 芳樹 外3名

明 細 書

1. 発明の名称

光検出装置

2. 特許請求の範囲

1. 光電変換素子と、この光電変換素子からの光電流を第1および第2の光電流に分配して出力する抵抗手段と、前記第1の光電流を電圧に変換して増幅する第1の電流・電圧変換増幅手段と、この第1の電流・電圧変換増幅手段の周波数帯域幅よりも狭い帯域幅をもち前記第2の光電流の低周波数の成分にตอบสนองしこれを電流に変換して増幅する第2の電流・電圧変換増幅手段と、この第2の電流・電圧変換増幅手段からの出力電圧を所定の利得で電流に変換して前記第1の電流・電圧変換増幅手段の入力端に対して前記第1の光電流を相殺する方向に加える電圧・電流変換増幅手段とを備えることを特徴とする光検出装置。

2. 前記光電変換素子に入射する光量に対す

る前記第2の電流・電圧変換増幅手段のダイナミックレンジは、前記電圧・電流変換手段から前記第1の電流・電圧変換増幅手段の入力端に電流が流入しないとしたときの前記光電変換素子に入射する光量に対する前記第1の電流・電圧変換増幅手段のダイナミックレンジよりも大きくなっていることを特徴とする請求項1記載の光検出装置。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、フォトダイオードなどの光電変換素子によって光電変換された光電流のうち、信号光によるもののみを増幅して出力する光検出装置に関する。

(従来の技術)

一般に、フォトダイオードなどの光電変換素子と、これによって光電変換された光電流を電流・電圧変換して増幅する増幅器とから成る光検出装置では、検出されるべき信号光と同時に、太陽光などの外乱光が光電変換素子に入射する。この場

合に、信号光による光電流のみを増幅して出力する必要がある。特に信号光が交流変調光あるいはパルス変調光であり、外乱光が直流光あるいは信号光の周波数よりもかなり低い周波数の光である場合には、増幅回路において、光電変換された光電流から直流成分および低周波数成分を取り除くことで、信号光による光電流のみを抽出して出力することができる。

このような従来装置としては、例えば特開昭64-20418号公報に開示されるものがある。この装置では、光電変換素子として2個のフォトダイオードが用いられ、一方のフォトダイオードの出力側に設けられる増幅回路については、低周波成分のみを取り出すようにし、この低周波成分によって他方のフォトダイオードの出力中の低周波成分を相殺するようにしている。このようにすれば、低周波成分は外乱光などの雑音に対応しているので、結果として外乱光の影響を受けない光検出が可能になっている。

この場合、2個のフォトダイオードは例えば第

出来なかつたりする。

そこで本発明は、信号光による成分のみを安定して正確に検出できる光検出装置を提供することを目的とする。

〔課題を解決するための手段〕

本発明に係る光検出装置は、光電変換素子と、この素子からの光電流を第1および第2の光電流に分配して出力する抵抗手段と、第1の光電流を電圧に変換して増幅する第1の電流・電圧変換増幅手段と、この第1の電流・電圧変換増幅手段の周波数帯域幅よりも狭い帯域幅をもち第2の光電流の低周波数の成分に必答しこれを電流に変換して増幅する第2の電流・電圧変換増幅手段と、この第2の電流・電圧変換増幅手段からの出力電圧を所定の利得で電流に変換して前記第1の電流・電圧変換増幅手段の入力端に加える電圧・電流変換増幅手段とを備え、電圧・電流変換増幅手段からの電流は、第1の光電流を相殺する方向に第1の電流・電圧変換増幅手段の入力端に流入するようになっていることを特徴とする。

3図のように構成される。同図はその平面図で、信号光検出用の第1のフォトダイオード31と外乱光検出用の第2のフォトダイオード32は、不感領域33を挟んで同心に近接して設けられる。

〔発明が解決しようとする課題〕

しかし、電灯などの像が外乱光の像として第3図の点線領域34のように結像されると、正確な外乱光の検出ができなくなる。すなわち、電灯などの明るい像が第1のフォトダイオード31を中心に結像されると、信号出力中の直流あるいは低周波の雑音成分は多くなるのに対して第2のフォトダイオード32では雑音はあまり検出できず、逆に第2のフォトダイオード32を中心に結像すると、第1のフォトダイオード31の信号出力中には雑音はあまり含まれていないのに、第2のフォトダイオード32では大きな雑音に対応する出力が現れる。このため、例えば上記の光検出装置をカメラのオートフォーカス回路に用いると、撮影しようとする被写体の明暗の分布状態、背景の明るさなどに伴って、信号検出が正確に出来たり

ここで、光電変換素子に入射する光量に対する第2の電流・電圧変換増幅手段のダイナミックレンジは、電圧・電流変換手段から第1の電流・電圧変換増幅手段の入力端に電流が流入しないとしたときの光電変換素子に入射する光量に対する第1の電流・電圧変換増幅手段のダイナミックレンジよりも大きくなっていてもよい。

〔作用〕

本発明では、入射した光により光電変換素子から出力される光電流を、抵抗手段により第1および第2の光電流に分配し、第1の光電流を第1の電流・電圧変換増幅手段によって電圧に変換し増幅して出力する。ところで本発明では、さらに第2の光電流を電圧に変換して増幅する第2の電流・電圧変換増幅手段と、この出力電圧を電流に変換して第1の電流・電圧変換増幅手段の入力端に加える電圧・電流変換手段とを備えている。この第2の電流・電圧変換増幅手段は、第1の電流・電圧変換増幅手段の周波数帯域幅よりも狭い帯域幅をもち、第2の光電流の低周波成分だけに必答

するので、これから出力される電圧は、光電変換素子に入射する光のうち、外乱光によるものだけとなり、これが第1の光電流を相殺する方向に流入する。これにより、第1の電流・電圧変換増幅手段に流入する第1の光電流のうち、外乱光による直流電圧成分、低周波成分を減少させ、信号光による交流成分を感度よく出力させることができる。このとき、第1および第2の光電流は単一の光電変換素子の出力（光電流）を抵抗手段で分配することにより得られるので、光電変換素子の受光面での外乱光による像の形状、明暗の分布等にかかわらず、安定した信号検出が可能になる。

また、分配された第2の光電流に対する第2の電流・電圧変換増幅手段のダイナミックレンジを、分配された第1の光電流に対する第1の電流・電圧変換増幅手段のダイナミックレンジよりも大きく設定することにより、強い外乱光の場合にも、第1の電流・電圧変換増幅手段を何ら飽和させずに、信号光による交流成分だけを感度良くかつ精度良く出力させることができる。

また電流・電圧変換増幅手段3は、高ゲインの反転増幅器6と、この出力をその入力側に帰還させる帰還抵抗7とからなっており、電流・電圧変換増幅手段4は、高ゲインの反転増幅器8と、この出力をその入力側に帰還させる帰還抵抗9および帰還容量10とからなっている。電流・電圧変換増幅手段3、4における直流の電流・電圧変換利得すなわちゲインは、それぞれの帰還抵抗7、9の抵抗値 R_{F1} 、 R_{F2} によって決定される。すなわち電流・電圧変換増幅手段3、4のゲインはそれぞれ、 R_{F1} 、 R_{F2} となる。また、電流・電圧変換増幅手段4は帰還容量10を有しているが、この帰還容量10の容量値 C_F によって、電流・電圧変換増幅手段4のカットオフ周波数 f_0 は、

$$f_0 = 1 / 2 \pi C_F R_{F2} \quad \dots (2)$$

となり、第2図に示すように、電流・電圧変換増幅手段4の帯域幅 f_2 は、電流・電圧変換増幅手段3の帯域幅 f_1 よりもかなり小さくなっている。

電流・電圧変換増幅手段4の出力端と電流・電圧変換増幅手段3の入力端とを接続する抵抗5は、

(実施例)

以下、本発明の実施例を図面に基づいて説明する。

第1図は本発明に係る光検出装置の実施例の構成図である。図示の光検出装置は、1つの光電変換素子11と、光電変換素子11によって光電変換された光電流を第1および第2の光電流 I_1 、 I_2 に分配する抵抗1、2と、これら分配された光電流 I_1 、 I_2 をそれぞれ電圧に変換する第1および第2の電流・電圧変換増幅手段3、4と、第2の電流・電圧変換増幅手段4の出力端と第1の電流・電圧変換増幅手段3の入力端とを接続する電流・電圧変換手段としての抵抗5とを備えている。

光電変換素子11はフォトダイオードからなっており、これは並列接続された光電流分配用の抵抗1、2に接続される。ここで、抵抗1、2の抵抗値をそれぞれ R_A 、 R_B とすると、

$$R_A / R_B < 1 \quad \dots (1)$$

の関係を満たすように構成されている。

電流・電圧変換増幅手段4からの出力電圧を電圧に変換して電流・電圧変換増幅手段3の入力に加えるためのものであり、前述のように電圧・電流変換手段として機能する。なお、この抵抗5の抵抗値を R_c とすると、この抵抗5による電圧・電流変換利得は、 $1 / R_c$ となる。このような構成の光検出装置では、光電変換素子11に外乱光を含んだ信号光を入射させると、抵抗1、2には分配された第1および第2の光電流 I_1 、 I_2 がそれぞれ流れる。抵抗1、2の抵抗値 R_A 、 R_B は、前述の(1)式の関係のようになっているので、光電流 I_1 、 I_2 間には、 k を定数として、

$$I_1 = k \cdot I_2 \quad \dots (3)$$

の関係が成立する。第2の光電流 I_2 が第2の電流・電圧変換増幅手段4に加わると、この電流・電圧変換増幅手段4の出力電圧 V_{02} は、

$$V_{02} = -I_2 \cdot R_{F2} = -I_1 \cdot R_{F2} / k \quad \dots (4)$$

となり、この出力電圧 V_{02} により抵抗5を介して電流・電圧変換増幅手段3の入力端に流入する電流 I_c は、

$$I_c = V_{02} / R_c$$

$$= -I_1 \cdot R_{F2} / (k \cdot R_c) \quad \dots (5)$$

となる。いま、増速抵抗9の抵抗値 R_{F2} と抵抗5の抵抗値 R_c とを

$$R_{F2} / R_c = k \quad \dots (6)$$

の関係を満たすように選定すると、(5)式から、抵抗5を介して電流・電圧変換増幅手段3の入力端に流入する電流 I_c は、

$$I_c = -I_1 \quad \dots (7)$$

となり、光電変換素子11から出力されて分配された第1の光電流 I_1 を相殺し、第1の電流・電圧変換増幅手段3に流入する電流を零にすることができる。

但し、全ての帯域において電流を相殺すると、外乱光による直流成分、低周波成分のみならず、信号光による交流成分も失われてしまうので、本実施例では、増速容量10によって外乱光による直流成分、低周波成分の電流だけを相殺するようにしている。すなわち、第2図に示すように増速容量10によって電流・電圧変換増幅手段4の周

波数帯域(帯域幅 f_1)を信号光による交流成分の周波数帯域(帯域幅 f_2)に対して十分低く設定すれば、電流・電圧変換増幅手段4の出力電圧 V_{02} は、信号光による交流成分を含まず外乱光による直流成分、低周波成分だけのものとなり、従って抵抗5を介して電流・電圧変換増幅手段3に流入する電流 I_c も、直流成分、低周波成分だけのものとなる。これにより、光電変換素子11からの光電流 I_p の分流 I_1 のうち直流成分、低周波成分のものだけを電流 I_c により実質的に取除くことができる。

このようにして電流・電圧変換増幅手段3の入力端には、光電流 I_1 のうち信号光による交流成分のもののみが加わるので、第1の電流・電圧変換増幅手段3は、この信号光による光電流だけをゲインを小さくする必要なく利得 R_{F1} で電流・電圧変換して出力することができるので、感度を著しく向上させることが可能となる。

このとき、2つの光電流 I_1 、 I_2 は単一の光電変換素子11の出力光電流 I_p を、抵抗1、2

により分配することにより得られるので、外乱光の状態が第3図のようになっても低周波成分は光電流 I_1 、 I_2 に所定割合で分配される。言い換えれば、外乱光による低周波成分が光電流 I_1 側のみで多くなったり、逆に光電流 I_2 側のみ多くなることは、単一の光電変換素子を用いているため、原理上あり得ない。このため、安定した信号検出が可能になる。

また第1図の光検出装置において、抵抗1、2、電流・電圧変換増幅手段4、抵抗5を設けず、電流・電圧変換増幅手段3の入力端に抵抗5からの電流 I_c を流入させない場合には、飽和出力電圧 V_{TH} の反転増幅器6を飽和させずに動作させる限界の光電流 I_{1TH} は、

$$I_{1TH} = V_{TH} / R_{F1} \quad \dots (8)$$

となる。これに対して、本実施例のように、電流・電圧変換増幅手段3の入力端に抵抗5からの電流 I_c を流入させる場合には、電流 I_c を流入させない場合に比べてダイナミックレンジは著しく広がる。すなわち、反転増幅器8が反転増幅器

6と同じ飽和出力電圧 V_{TH} をもっているとする、反転増幅器8を飽和させずに正常に動作させる限界の光電流 I_{2TH} は、

$$I_{2TH} = V_{TH} / R_{F2} \quad \dots (9)$$

となる。(9)式を(8)式と比較するとわかるように電流・電圧変換増幅手段4のダイナミックレンジは、電流・電圧変換増幅手段3単体のダイナミックレンジに比べて、

$$(I_{1TH} \cdot R_{F1}) / (I_{2TH} \cdot R_{F2}) = k \cdot R_{F1} / R_{F2} \quad \dots (10)$$

倍、増加することになる。

このように、本実施例の光検出装置では、外乱光に対するダイナミックレンジが大きくかつ交流変調光としての信号光に対する電流・電圧変換利得が大きいので、信号光とともに強い外乱光が入射したとしても、信号光による光信号のみを感度良く増幅することができて、これにより電流・電圧変換増幅手段3の後段に接続される信号処理回路を簡素化することが可能となり、全体の回路規模を小さくすることができる。

また、本実施例の装置は全体負帰還を有しておらず、外乱光の直流成分、低周波成分を負帰還しないので、装置全体を安定して動作させることができる。このため、容量10の容量値 C_F を小さな値にしても良く、これにより容量10を光電変換素子11、分配抵抗1、2、反転増幅器6、8、抵抗7、9および信号処理回路（図示せず）とともに1つのモノリシックIC内に集積化して形成することができる。

なお、電流・電圧変換増幅手段3は、(3)式乃至(7)式の条件が満たされれば、外乱光の直流成分、低周波成分に対して全く応答しないが、分配抵抗1、2の抵抗比 R_A/R_B のずれ、あるいは抵抗値 R_{F2}/R_C の抵抗比 R_{F2}/R_C のずれによって、電流・電圧変換増幅手段3が外乱光の直流成分、低周波成分に対し僅かに応答することも考えられる。このために電流・電圧変換増幅手段3とこの後段の信号処理回路（図示せず）との間に結合容量を直列に接続し、電流・電圧変換増幅手段3から出力される恐れのある外乱光のわず

かな直流成分、低周波成分を結合容量により取除いて後段の信号処理回路に入力させるようにしても良い。

第1図に示す実施例では、抵抗1、2値は固定としてきたが、可変抵抗として光電流 I_p の分配比を調整できるようにしてもよい。この場合には、外乱光と信号光のレベルの比に応じて、分配比を製品（光検出装置）としての出荷時に、あるいは実使用時にダイナミックに設定することが考えられる。すなわち、信号光の周波数が高くなると入力インピーダンスが高くなるので、使用したい信号の周波数帯域に合せて、出荷時に抵抗1、2を調整することが考えられる。また、装置の実使用時の外乱光のレベルに応じて、ダイナミックに抵抗1、2を調整することも考えられる。

抵抗2、3の値の変更、調整については、その比だけでなく絶対値を対象にしてもよい。すなわち、信号光のレベル自体の高低に応じて、抵抗1、2の値を共に高低調整してもよい。

〔発明の効果〕

以上、詳細に説明したように本発明によれば、同一の光電変換素子の出力（光電流）を第1および第2の光電流に分流し、一方を信号検出用に用いて第1の電流・電圧変換増幅手段に入力し、他方を低周波検出用に用いて第2の電圧変換増幅手段に入力し、低周波成分にตอบสนองした電流を、信号検出用の光電流を相殺する方向で第1の電流・電圧変換増幅手段の入力端に流入させるようにしているので、外乱光の入射される状況にかかわらず、信号光による交流成分のみを安定した状態で高感度に出力することができる。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明に係る光検出装置の実施例の構成図、第2図は電流・電圧変換増幅手段の周波数応答特性を示す図、第3図は従来の光検出装置に用いられる光電変換素子の平面図である。

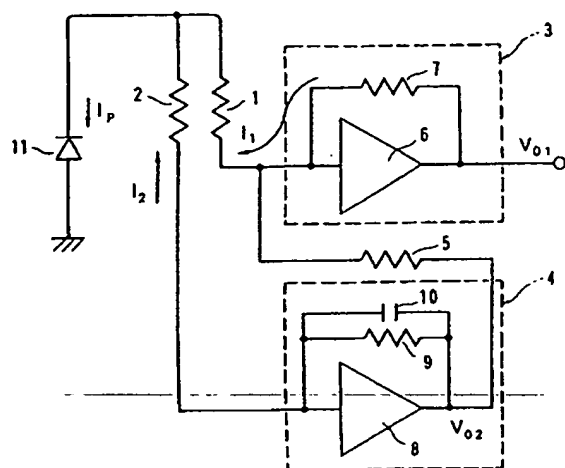
1、2…光電流分配用の抵抗、3、4…電流・電圧変換増幅手段、5…電圧・電流変換用の抵抗、

6、8…反転増幅器、7、9…帰還抵抗、

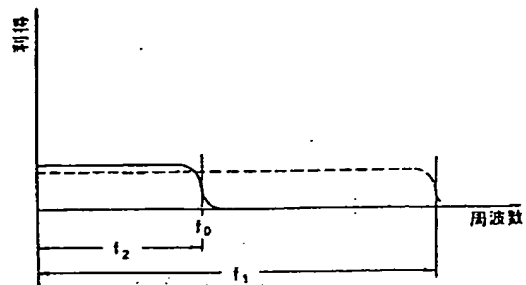
10…帰還容量、31…第1のフォトダイオード、

32…第2のフォトダイオード、 f_0 …カットオフ周波数、 f_1 、 f_2 …周波数帯域幅。

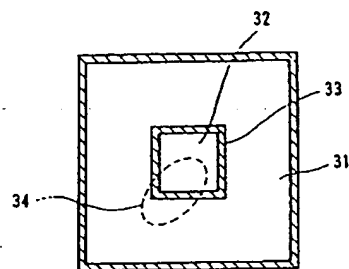
代理人弁理士 長谷川 芳 樹



実施例の回路
第 1 図



周波数応答特性
第 2 図



従来装置に用いられる光電変換素子
第 3 図